



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 31 117 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁸:
H 04 B 10/06
G 01 W 1/14
G 08 C 23/04

②1 Aktenzeichen: P 44 31 117.8
②2 Anmeldetag: 1. 9. 94
④3 Offenlegungstag: 14. 3. 98

DE 44 31 117 A 1

⑦1 Anmelder:
Reime, Gerd, 75328 Schömburg, DE

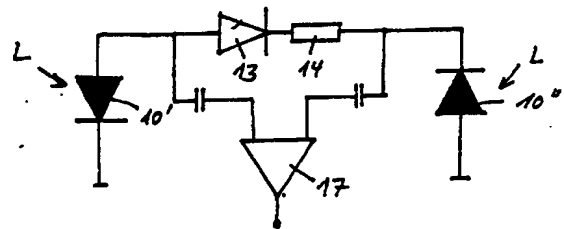
⑦4 Vertreter:
Frank, G., Dipl.-Phys.; Reinhardt, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 75172 Pforzheim

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Schaltung für den Empfang eines Wechsellicht enthaltenden Lichtsignals

⑤7 Bei einer Schaltung für den Empfang eines Wechsellicht enthaltenden Lichtsignals mittels wenigstens einer Photodiode (10), wobei eine Widerstandsschaltung die Photodiode auch bei zunehmender Beleuchtung in einem Bereich unterhalb der Sättigungsspannung der Photodiode hält, in dem das Wechsellicht an der Photodiode eine als Signal verwertbare Wechselspannung hervorruft, wird dadurch, daß die Widerstandsschaltung parallel zur Photodiode geschaltet ist und einen selbstregelnden Widerstand aufweist, der selbständig die Spannung feststellt und in dem Bereich unterhalb der Sättigungsspannung ausregelt, eine Regelung des Diodenstromes so ausgestaltet, daß nahezu kein Strom aus der Stromversorgung oder Batterie entnommen werden muß (Fig. 4).



DE 44 31 117 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
BUNDESDRUCKEREI 01.98 508 091/50

9/30

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltung für den Empfang eines Wechsellicht enthaltenden Lichtsignales nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Schaltungen werden vielfach eingesetzt, um Änderungen im Lichteinfall zu messen und daraus verwertbare Signale zu erhalten. Da grundsätzlich zwischen der Beleuchtungsstärke und der Leerlaufspannung bei einer Photodiode ein logarithmischer Zusammenhang besteht, ergibt sich bei zunehmender Beleuchtung eine schnell erreichte Sättigungsspannung, die je nach verwendeter Photodiode bei ca. 0,5 V erreicht ist. Oberhalb dieser Sättigungsspannung besteht ein linearer Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und Photostrom über viele Zehnerpotenzen hinweg. Will man nun Wechsellicht enthaltende Lichtsignale in eine Signalspannung umwandeln, ist es erforderlich, die Photodiode in einem Bereich unterhalb dieser Sättigungsspannung zu betreiben, um überhaupt einen Signalverlauf erkennen zu können. Zu diesem Zweck ist es bekannt, die Photodiode im Diodenbetrieb mit Vorspannung zu betreiben. Dabei wird eine Vorspannung an die Diode gelegt, um sie zu sperren (entgegengesetzte Polung zur Sättigungsspannung). Alternativ kann die Diode auch im Elementbetrieb ohne Vorspannung betrieben werden. Hier wirkt die Photodiode als Stromquelle. Die Photodiode wird dazu auf einem Null-Potential gehalten, während der Photostrom über einen Widerstand kompensiert wird.

Beide Betriebsweisen, also Dioden- bzw. Elementenbetrieb haben gemeinsam, daß sie eine externe Stromquelle brauchen, um den bei Beleuchtung auftretenden Photostrom zu kompensieren. Je nach Diodenart und Beleuchtung kann dieser Kompensationsstrom einige μA bis einige mA betragen. Dieser Strom muß aus der Versorgungsspannung entnommen werden, was insbesondere bei Batteriebetrieb zu einem schnellen Erliegen der Batterie führt. Unter Umständen kann dieser aus der Batterie zu entnehmende Strom das Mehrfache des Stromes sein, den die gesamte Schaltung aufnimmt.

Bevorzugterweise wird die Schaltung in Verbindung mit einem batteriebetriebenen Wassersensor eingesetzt, wie er aus dem DE-U 93 09 837.5 bekannt ist. Ein batteriebetriebener Einsatz eines Wassersensors ist z. B. im Bereich des Bootsbaus erwünscht. Boote von "Freizeitkapitänen" besitzen in der Regel eine oder mehrere Schlafstellen im Bug unterhalb der Seitenschiebefenster. Oft wird nun vergessen, diese zu schließen, so daß Spritzwasser die Schlafstellen durchnäßt, ohne daß der Bootsführer es merkt. Wird hier in regelmäßigen Abständen eine Überprüfung der fensterflächen auf Spritzwasser mittels des bekannten Wassersensors vorgenommen, können diese ggf. automatisch verschlossen werden. Ein anderer Einsatzbereich wäre z. B. ein an der Wäscheleine einer Hausfrau befestigbarer Wassersensor, der beim Auftreten von Regentropfen ein Signal abgibt. Auch hier ist es erforderlich, daß eine Überprüfung auf das Auftreten von Wassertropfen stattfindet. Derartige Geräte sind also von einer externen Stromversorgung grundsätzlich unabhängig, werden sie jedoch mit einem 9 V-Block betrieben, muß der Durchschnittsstromverbrauch klein gehalten werden.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, die Regelung eines Photodiodenstromes so auszugestalten, daß nahezu kein Strom aus der Stromversorgung oder Batterie entnommen werden muß.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Bei den Photodioden steigt auch hier die Photodiodenspannung logarithmisch mit der Beleuchtungsstärke an, bis bei 0,5 V die Sättigungsspannung erreicht wird. Im Bereich der Sättigungsspannung führt eine weitere Zunahme der Beleuchtungsstärke zu keinem weiteren Spannungsanstieg, d. h. eine kleine Wechsellichtkomponente (LED-Modulation) wirkt sich nicht auf die Ausgangsspannung aus. Nur im Bereich der Kennlinienkrümmung kann sich eine Wechsellspannung ausbilden. Aus diesem Grund muß die Spannung an der Photodiode auf einem Wert unterhalb der Sättigungsspannung gehalten werden. Am einfachsten geschieht dies durch einen Lastwiderstand, der soviel Strom verbraucht, daß die Spannung an der Photodiode z. B. immer die Hälfte der Sättigungsspannung beträgt. Dabei wird kein externer Strom benötigt, allerdings muß der Widerstand ständig der Lichtstärke angepaßt werden. Bei z. B. $U/2$ der Sättigungsspannung wird eine Wechsellichtkomponente immer auch eine Spannungsänderung am Widerstand hervorrufen können.

Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Im folgenden wird die Erfindung an mehreren Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schaltung bei der einer Photodiode eine Germaniumdiode mit Lastwiderstand parallel geschaltet ist,

Fig. 2 eine Schaltung, bei der zwei Photodioden eine Schottky- oder eine Silizium-Diode mit einem Lastwiderstand parallel geschaltet ist,

Fig. 3 eine Schaltung, bei der einer Photodiode ein Feld-Effekt-Transistor parallel geschaltet ist,

Fig. 4 eine Schaltung gemäß Fig. 2 mit symmetrischem Operationsverstärker,

Fig. 5 eine Schaltung gemäß Fig. 1 mit einem symmetrischen Operationsverstärker,

Fig. 6 eine Schaltung gemäß Fig. 2 mit einer asymmetrischen Verstärkerschaltung,

Fig. 7 eine Schaltung, bei der einer Photodiode ein Transformator parallel geschaltet ist,

Fig. 8 eine Schaltung, bei der zwischen zwei Photodioden ein regelbarer Feld-Effekt-Transistor zwischengeschaltet ist, der über einen Operationsverstärker ist.

In Fig. 1 wird die Photodiode 10 einer Beleuchtung L ausgesetzt. Parallel zur Photodiode ist eine Diode, hier eine Germanium-Diode angeordnet. Mit dieser Germanium-Diode in Reihe geschaltet ist ein kleiner Lastwiderstand von etwa 10 Kiloohm. Bei steigender Spannung der Photodiode öffnet die Germaniumdiode bei etwa 0,3 V, so daß die Photodiode nur dann belastet wird, wenn eine Photospannung von 0,3 V auftritt. In diesem Fall kann dann die überschüssige Spannung über den Widerstand 12 abgebaut werden, da sich der Innenwiderstand der Germaniumdiode in Abhängigkeit von der Photospannung ändert. Der Widerstand dient zur Verhinderung von Signalasymmetrien bei hohen Beleuchtungsstärken (Gleichrichtereffekte). Der Nachteil dieser Schaltung ist, daß Germaniumdioden kaum noch verwendet werden, so daß sich hier eine relativ teure Schaltung ergibt.

In Fig. 2 liefern bei Beleuchtung zwei Photodioden 10', 10'' eine positive und negative Spannung von zusammen maximal 1 V. Eine Schottky-Diode 13 (z. B. BAT 83) mit einer Durchlaßspannung von 0,4 V begrenzt die Photospannung auf 0,2 V je Photodiode. Das

gleiche Ergebnis kann auch durch Einsatz einer Silizium-Diode (1N 41/48) mit einer Durchlaßspannung von etwa 0,6 V erzielt werden. Vorteilhaft ist hierbei die doppelte Ausgangsspannung, nachteilig die Verwendung zweier Photodioden. Wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 öffnet die Schottky-Diode 13 bei Erreichen der Durchlaßspannung, so daß der Widerstand 14 von z. B. 2 Kiloohm die überflüssige Photospannung abbauen kann. In den Ausführungsbeispielen der Fig. 1, 2 kann aber auch auf die Widerstände 12, 14 verzichtet werden, sofern der Innenwiderstand der Diode 11 bzw. der Schottky-Diode 13 ausreichend ist.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 wird der einer Beleuchtung L unterworfenen Photodiode 10 ein Feld-Effekt-Transistor 15 parallel geschaltet. Über einen Operationsverstärker 16 wird die Photodiodenspannung ständig mit einer Referenzspannung verglichen und mittels des Feld-Effekt-Transistors nachgeregelt. Der Feld-Effekt-Transistor arbeitet als variabler Widerstand. Die Vorteile dieser Schaltung bestehen darin, daß nur eine Photodiode erforderlich ist und zudem eine sehr genaue Regelung erfolgt. Nachteilig ist jedoch, daß der Operationsverstärker Strom benötigt; da hier jedoch bevorzugterweise träge Operationsverstärker eingesetzt werden, benötigt der Operationsverstärker nur einen Strom von etwa 1,2 μ A.

Die Schaltungen der Fig. 1—3 können auch mit einem symmetrischen Operationsverstärker betrieben werden. Dies ist für das Ausführungsbeispiel der Fig. 2 in Fig. 4 und für das Ausführungsbeispiel der Fig. 1 in Fig. 5 dargestellt. Der Operationsverstärker wird dabei als symmetrischer Verstärker geschaltet. Dadurch werden Gleichtaktstörungen unterdrückt. Der Operationsverstärker 17 ist über Kondensatoren parallel zu der Germaniumdiode 11 oder der Schottky-Diode 13 und den zugehörigen Widerständen 12, 14 geschaltet. Fig. 6 zeigt eine Vereinfachung der vorgenannten Schaltungen dadurch, daß ein unsymmetrischer Verstärker 28 verwendet wird.

Eine optimale aber etwas teure Lösung ist in Fig. 8 dargestellt. Zur Regelung des Photodiodenstromes wird ein Feld-Effekt-Transistor 18 in Reihe zwischen zwei gleichgepolten Photodioden 10', 10'' angeordnet. Parallel zu dem Feld-Effekt-Transistor ist ein Operationsverstärker 19 angeordnet. Zwischen den Photodioden und dem Operationsverstärker sind Widerstände 20, 21 angeordnet, die über Kondensatoren 22, 23 überbrückt sind. Die Widerstände dienen nur zur Kompensation der positiven bzw. negativen Photospannung zum Operationsverstärker, so daß bei z. B. 0,2 V positiver Photospannung und 0,2 V negativer Photospannung immer 0 plus 0 V am Operationsverstärker anstehen. Damit kann der Operationsverstärker 19 über den Feld-Effekt-Transistor den Photodiodenstrom regeln. Die Kondensatoren 22, 23 dienen der Wechselspannungsüberbrückung, damit überhaupt ein Wechsellicht zu einem Signal und damit einer Regelung führen kann. Über den Kondensator 29 wird der Gleichstrom-Anteil ausgekoppelt, während über die Leitung 30 die Regelung des Photodiodenstromes erfolgt. Durch die Bauelemente 31 und 32 erfolgt schließlich eine Wechselspannungsunterdrückung.

In Fig. 7 schließlich ist einer Photodiode 10 ein Transformator 24 parallel geschaltet. Der Transformator 24 seinerseits ist einem Operationsverstärker 25 parallel geschaltet, wobei zusätzlich ein zu diesen Bauelementen parallel geschaltetes Resonanzglied vorgesehen sein kann. Der Transformator hat die bekannte Eigenschaft,

für Gleichstrom einen kleinen Widerstand zu besitzen, während er für Wechselstrom einen großen Widerstand besitzt. Während sich eine Ausgangsspannung aufgrund des geringen Innenwiderstandes für Gleichstrom von annähernd 0 V einstellt, führt ein von einem Wechsellicht hervorgerufener Wechselstrom zu einer Wechselspannung am Ausgang des Transformators 24.

Alle Schaltungen haben gemeinsam, daß die Photodiode dynamisch belastet wird, ohne daß Strom in nennenswertem Umfang aus der Versorgung entnommen wird. Ohne Beleuchtung sind die Photodiode und, soweit vorhanden, die Belastungsdioden hoch-ohmig. Bei Beleuchtung werden die Photodiode als Generator sowie die Belastungsdioden nieder-ohmig, und zwar immer so, daß der Innenwiderstand der Photodioden durch einen gleich großen Innenwiderstand der Belastungsdioden kompensiert wird. (Ausführungsbeispiele der Fig. 1, 2, 4, 5.) Dadurch wird ein Ausgangssignal auch bei großem Fremdlichtanteil immer gewährleistet.

In einer praktischen Anwendung hat sich herausgestellt, daß bei einer üblichen Beschaltung bei voller Sonneneinstrahlung ein Strom von 260 μ A fließt, der durch eine Gegenspannung bzw. Strom kompensiert werden muß. Dieser Kompensationsstrom ist jedenfalls größer als bei Batterie-Dauerbetrieb möglich. Bei den genannten Ausführungsbeispielen (bei denen ein nachgeschalteter stromarmer Operationsverstärker die Aufgabe der Steuerspannungserzeugung für den Feld-Effekt-Transistor übernimmt sowie gleichzeitig der Wechselspannungsverstärkung dient) konnte bei hoher Empfindlichkeit ein Stromverbrauch mit diskretem Verstärker in C-Mos Technologie und Germanium-Diode von 10 μ A für den kompletten Wassersensor im Durchschnitt erreicht werden. Rechnet man den hohen Strom im wohl seltenen Alarmfall mit ein, so kann ein handelsüblicher 9 V-Block mehr als 2 Jahre halten.

Patentansprüche

1. Schaltung für den Empfang eines Wechsellicht enthaltenden Lichtsignales (L), insbesondere innerhalb einer Reflexionsstrecke eines Wassersensors, mittels wenigstens einer Photodiode (10; 10'; 10''), wobei eine Widerstandsschaltung die Photodiode auch bei zunehmender Beleuchtung in einem Bereich unterhalb der Sättigungsspannung der Photodiode hält, in dem das Wechsellicht an der Photodiode eine als Signal verwertbare Wechselspannung hervorruft, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstandsschaltung parallel zur Photodiode geschaltet ist und einen selbstregelnden Widerstand aufweist, der selbständig die Spannung feststellt und in dem Bereich unterhalb der Sättigungsspannung ausregelt.
2. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als selbstregelender Widerstand wenigstens einer Photodiode (10) eine Diode (11), vorzugsweise eine Germaniumdiode parallel geschaltet ist, wobei die Schwellspannung der Diode (11) etwa der halben Sättigungsspannung der Photodiode (10) entspricht (Fig. 1).
3. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Photodioden (10', 10'') eine Schottky-Diode (13) oder eine Silizium-Diode parallel geschaltet ist, wobei die Schwellspannung der Schottky-Diode oder der Silizium-Diode etwa der halben Sättigungsspannung der Photodioden entspricht (Fig. 2).

4. Schaltung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Diode (11) oder die Schottky-Diode (13) oder die Silizium-Diode mit einem Widerstand (12, 14) in Reihe geschaltet ist.
5. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als selbstregelnder Widerstand wenigstens einer Photodiode (10) ein Feld-Effekt-Transistor (15) parallel geschaltet ist, dessen Widerstand von einem Operationsverstärker (16) geregelt ist (Fig. 3).
6. Schaltung nach einem der Ansprüche 1—5, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens einen Photodiode (10; 10'; 10'') und dem selbstregelnden Widerstand ein symmetrischer Operationsverstärker (17) parallel geschaltet ist (Fig. 4, 5).
7. Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regelung des Photodiodenstroms ein Feld-Effekt-Transistor (18) in Reihe zwischen zwei gleichgepolten Photodioden (10', 10'') angeordnet ist, der über einen parallel geschalteten Operationsverstärker (19) regelbar ist, dem beidseits zur Kompensation der Photospannung Widerstände (20, 21) vorgeschaltet sind (Fig. 8).
8. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer Photodiode (10) als selbstregelnder Widerstand ein Transformator (24) parallel geschaltet ist (Fig. 7).
9. Schaltung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß dem Transformator (24) ein Operationsverstärker (25) symmetrisch nachgeschaltet ist.
10. Schaltung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß dem Transformator (24) und dem Operationsverstärker (25) ein Resonanzglied (26) parallel geschaltet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

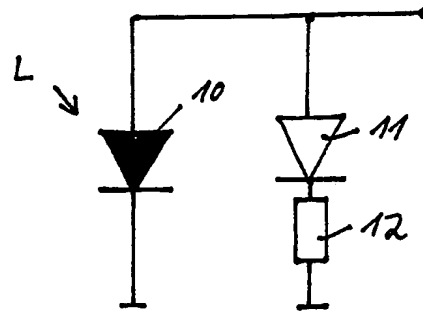


Fig. 1

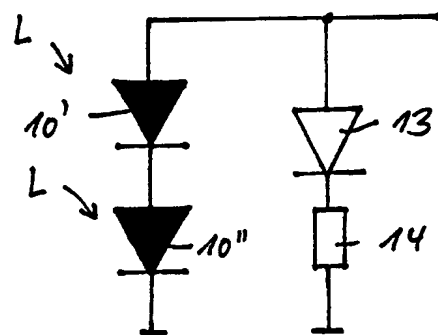


Fig. 2

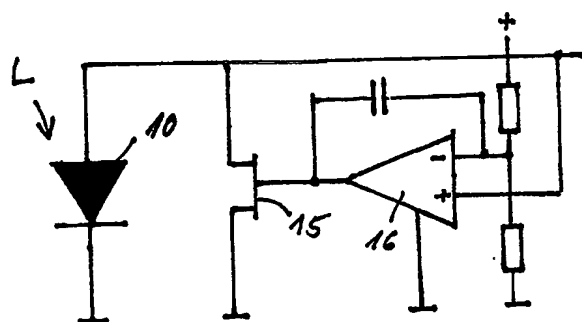
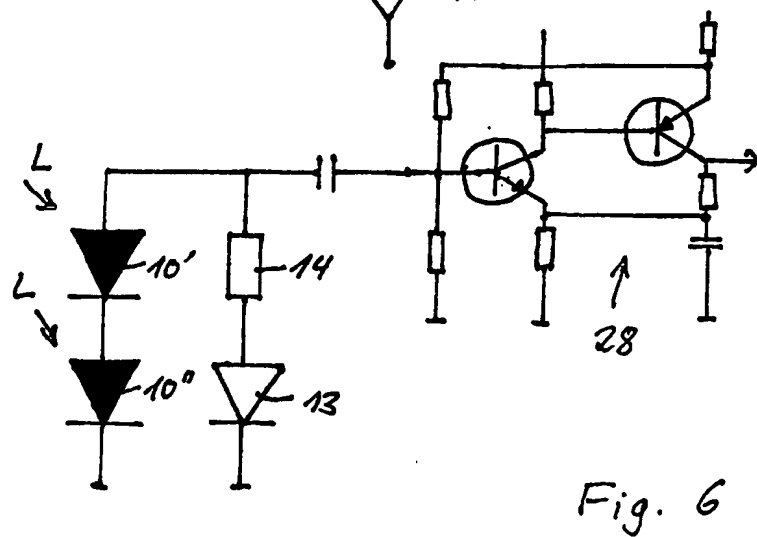
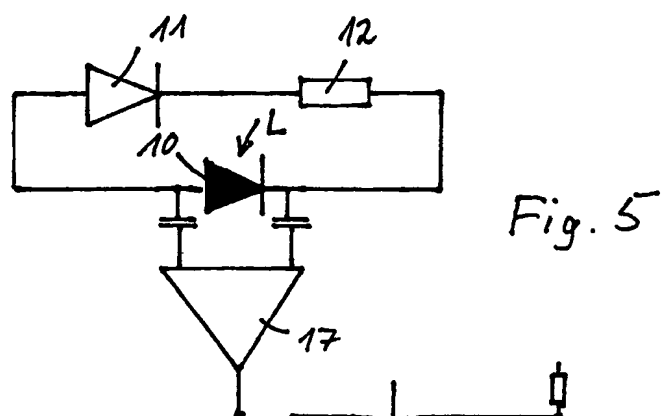
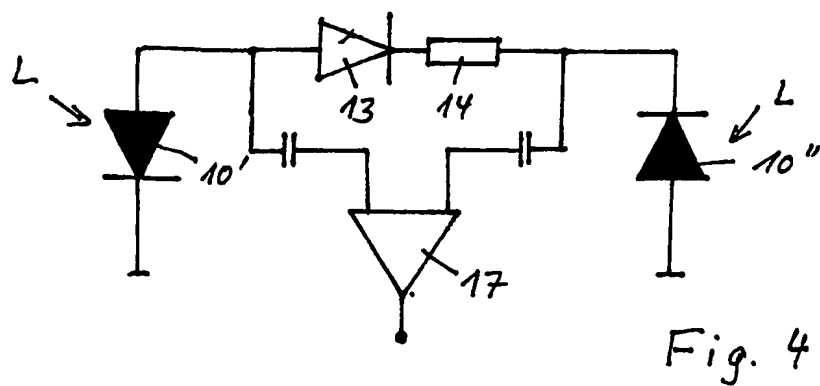


Fig. 3



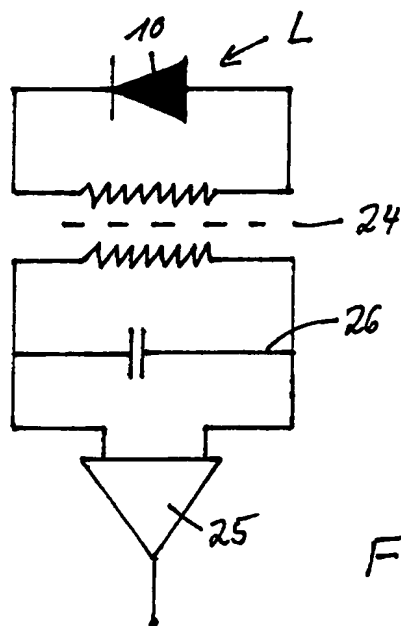


Fig. 7

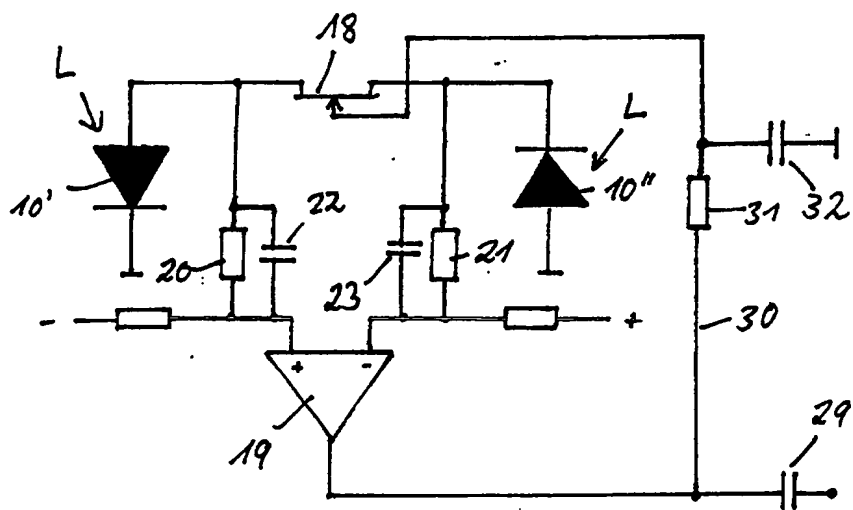


Fig. 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.